

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3523912 A1**

⑤① Int. Cl. 4:  
**B60G 7/02**

②① Aktenzeichen: P 35 23 912.3  
②② Anmeldetag: 4. 7. 85  
④③ Offenlegungstag: 15. 1. 87

Behördeneigentlich

DE 3523912 A1

⑦① Anmelder:  
Daimler-Benz AG, 7000 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Knothe, Frank, Dipl.-Ing., 7016 Gerlingen, DE; Kist,  
Alfred, Dipl.-Ing., 7300 Esslingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Achsaufhängung für Kraftfahrzeuge, insbesondere für Personenkraftwagen**

Es wird eine Achsaufhängung beschrieben, bei der durch entgegen der Fahrtrichtung einwirkende Längskräfte die Fahreigenschaften nicht mehr in üblicher Weise beeinträchtigt werden. Dies wird erreicht, indem die aufbauseitige Abstützung zumindest eines sich in Fahrzeuglängsrichtung erstreckenden Lenkers während des Fahrbetriebes einstellbar veränderlich ist.

DE 3523912 A1

## Patentansprüche

1. Achsaufhängung für Kraftfahrzeuge, insbesondere für Personenkraftwagen, mit zumindest einem sich in Fahrzeuglängsrichtung erstreckenden und gegen den Fahrzeugaufbau abgestützten Lenker, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstützung des Lenkers (18; 162; 182) gegenüber dem Aufbau in ihrer Nachgiebigkeit während des Fahrbetriebes einstellbar veränderlich ist.
2. Achsaufhängung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachgiebigkeit in Abhängigkeit vom fahrdynamischen Betriebsparametern veränderbar ist.
3. Achsaufhängung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die nachgiebige Abstützung eine elastische Abstützung (38; 90; 164) umfaßt, deren Steifigkeit veränderbar ist.
4. Achsaufhängung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die elastische Abstützung (38; 90; 164) hydraulisch abgestützt ist.
5. Achsaufhängung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die hydraulische Abstützung durch Druckänderung in ihrer Härte veränderbar ist.
6. Achsaufhängung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die hydraulische Abstützung durch scherungsbedingte Viskositätsänderung veränderbar ist.
7. Achsaufhängung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Lenker ein Stoßdämpfer (182) mit verstellbarer Dämpfungskraft ist.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Achsaufhängung für Kraftfahrzeuge, insbesondere für Personenkraftwagen, mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1.

Zur Erzielung eines höheren Fahrkomforts bei Personenkraftwagen wurde das fahrdynamische Verhalten der Fahrzeuge in vertikaler Richtung durch verstellbare Federn, wie Gasfedern oder hydropneumatische Federn, gegebenenfalls in Verbindung mit speziellen Stoßdämpfern (Niveauregelung) verbessert.

In jüngster Zeit konnten in dieser Hinsicht weitere wesentliche Verbesserungen durch die Ausstattung des Fahrwerkes mit Feder-Dämpfereinheiten erzielt werden, die in Abhängigkeit von fahrdynamischen Parametern von einer Steuereinheit elektronisch derart ansteuerbar sind, daß sich Federung und Dämpfung den wechselnden Bedingungen von Last- und Fahrzuständen anpassen lassen (AUTOMOBIL-REVUE vom 13. Dezember 1984, Seite 45 bis 47).

Bei all diesen Lösungen sind bisher die beim Überfahren von Unebenheiten entgegen der Fahrtrichtung gerichteten Komponenten von Stoßkräften unberücksichtigt geblieben, die jedoch das Ziel, den Fahrkomfort, insbesondere bei kleiner Fahrgeschwindigkeit, beim Überfahren von Fahrbahnebenheiten wie Frostaufbrüchen, Querfugen, Kanaldeckel und dergleichen, entsprechend zu erhöhen, wesentlich beeinträchtigen. Dies liegt daran, daß aus der durch solche Stoßkräfte bedingten erhöhten Längselastizität der Achsaufhängung eine Verschlechterung der Fahreigenschaften, wie Lenkpräzision, Geradeauslauf, Eigenlenkverhalten etc. resultiert. Des weiteren entstehen beispielsweise durch Reifenungleichförmigkeiten oder durch Reifenunwucht, Schwingungsprobleme, wie Lenkungsshimmy und

## Achs-zittern.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Achsaufhängung mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 so zu verbessern, daß beim Fahrbetrieb aufgrund von Bodenunebenheiten auf die Achsaufhängung entgegen der Fahrtrichtung einwirkende Längskräfte die Fahreigenschaften und damit den Fahrkomfort nicht mehr bzw. nicht mehr in so starkem Maße beeinträchtigen können. Außerdem sollen die obenangewiesenen Schwingungsprobleme beherrschbar werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Damit läßt sich in Richtung der Längskräfte die zwischen Fahrzeugaufbau und Achsaufhängung vorhandene Elastizität im Sinne einer gewünschten Veränderung des Fahrkomforts manuell und/oder selbsttätig beeinflussen, wobei es in Verbindung mit bekannten verstellbaren Feder- und Dämpfereinheiten möglich ist, die Vertikal- und Längsdynamik der Vorder- und/oder Hinterachse bzw. des Fahrwerkes von Kraftfahrzeugen hinsichtlich Fahrkomfort entscheidend zu verbessern. Des weiteren läßt sich durch die veränderbare Längsnachgiebigkeit der Abstützung das Auftreten von Achslängsschwingungen verhindern.

Der Lenker kann dabei unmittelbar am Fahrzeugaufbau oder an einem Fahrschemel abgestützt sein, wobei im letzteren Falle zumindest die Abstützung des Fahrschemels gegenüber dem Fahrzeugaufbau in ihrer Nachgiebigkeit während des Fahrbetriebes einstellbar veränderlich zu gestalten ist.

Durch manuellen Eingriff läßt sich das Fahrwert zum sportlich straffen Fahren oder zwecks Komfortgewinn vor allem für eine ruhige Fahrweise einrichten. Das selbsttätige Steuern und Regeln der Längselastizität der Achsaufhängung ist vorteilhaft nach Anspruch 2 zu bewerkstelligen, wobei sich einzeln oder in Kombination vorteilhaft hauptsächlich folgende Steuergrößen eignen: Querbeschleunigung; Bremsverzögerung; Fahrgeschwindigkeit sowie die Winkelgeschwindigkeit, mit der das Lenkrad gedreht wird.

Eine veränderbare Nachgiebigkeit der Längsabstützung der Achsaufhängung ergibt sich vorteilhaft nach Anspruch 3, wobei sich die Abstützung dann in eines der Lenkerlagerelemente integrieren läßt. Dabei ist es günstig, die Konstruktion nach Anspruch 4 zu gestalten. In diesem Falle können Mittel vorgesehen sein, um den Fluß des Hydraulikmediums entsprechend einer geforderten elastischen Steifigkeit und Dämpfungskraft der Abstützung zu beeinflussen. Bevorzugt ist dies durch eine Konstruktion nach Anspruch 5 zu erreichen.

Eine weitere vorteilhafte Konstruktion ist Gegenstand des Anspruchs 6, bei der als Hydraulikflüssigkeit eine dilatante Flüssigkeit vorgesehen ist, deren Zähigkeit bei steigender Schergeschwindigkeit durch eine entsprechend beschleunigte Längsverlagerung der Achsaufhängung zunimmt. Dabei läßt sich durch Auswahl der Bestandteile der dilatanten Flüssigkeit ein Steifigkeitssprung von nieder- zu hochviskos und somit ein sprunghafter Wechsel der elastischen Steifigkeit zwischen weich und hart in weiten Grenzen erzielen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die selbsttätig veränderbare Nachgiebigkeit der Längsabstützung der Achsaufhängung nach Anspruch 7 möglich, wobei dann innerhalb der Grenzen möglicher Dämpfereinstellungen beliebige Kennlinien darstellbar sind. Dabei ist es möglich, den Stoßdämpfer mit einer Abstützung gemäß den Ansprüchen 3 oder 4 zu kombinieren,

wodurch eine besonders wirksame Abkopplung von Laufgeräuschen zu erzielen ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Einzelheiten der Erfindung sind in der sich anschließenden Beschreibung der Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine Draufsicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer Achsaufhängung für ein einzeln aufgehängtes Fahrzeugrad, wobei lediglich der untere Führungslenker gezeigt ist,

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines Abstützlagers der Achsaufhängung gemäß Fig. 1, in größerem Maßstab,

Fig. 3 ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung der Wirkungsweise von Abstützlagern gemäß Fig. 2,

Fig. 4 bis 6 weitere Ausführungsbeispiele von Abstützlagern und

Fig. 7 eine Draufsicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Achsaufhängung für ein einzeln aufgehängtes Fahrzeugrad.

In Fig. 1 sind vom Aufbau eines Personenkraftwagens lediglich die mit 10 und 12 bezeichneten Anlenkpunkte eines unteren Führungslenkers 14, beispielsweise einer Vorderachse, schematisch angedeutet, der, bezogen auf die Fahrtrichtung *F*, aus einem vorne liegenden Querlenker 16 und einem sich von diesem nach hinten erstreckenden, in Form einer Stützstange ausgebildeten Längslenker 18 besteht.

Der Querlenker 16 ist über ein Lenklager 20 im Anlenkpunkt 10 mit der Karosserie verbunden und trägt an seinem anderen Ende einen um eine Lenkachse verschwenkbaren Radträger 22, an dem das Rad 24 gelagert ist.

Die weitere Abstützung des Radträgers 22 über einen oberen Führungslenker ist nicht dargestellt. Zwischen dem Anlenkpunkt 10 und dem Radträger 22 ist der Querlenker 16 im Punkt 26 mit der Stützstange bzw. dem Längslenker 18 gelenkig verbunden. Letzterer trägt an seinem dem Anlenkpunkt 12 zugerichteten Ende einen Aufnahmebolzen 28 als Teil eines an der Karosserie befestigten Abstützlagers 30. Der gemäß Fig. 2 beispielsweise teilkugelförmige Lagerkörper 32 des Aufnahmebolzens 28 ist in einer Lagerung 34 aus Kunststoff gehalten, die ihrerseits in einem napfartig ausgebildeten Gehäuse 36 aufgenommen ist. Das Gehäuse 36 ist in einem Schubgummilager 38 gehalten, das seinerseits in einem aufbaufesten Aufnahmegehäuse 40 des Abstützlagers 30 angeordnet ist.

Das Kugelgehäuse 36 ist bodenseitig an einem elastischen, vorzugsweise aus Gummi bestehenden Puffer 37 abgestützt, an dem seinerseits ein in einem zylinderartig ausgebildeten, geschlossenen Gehäuseteil 40' in Achsrichtung des Längslenkers 18 verschiebbarer Kolben 42 anliegt. An den durch den Kolben 42 gebildeten Zylinderräumen 44 und 46 ist jeweils eine Leitung 48 bzw. 50 angeschlossen, wobei die Leitung 48 zum Zuführen von Hydraulikflüssigkeit und die Leitung 50 zum Be- und Entlüften dient.

Die Wirkungsweise solcher kugelgelenkartig ausgebildeter Abstützlager 30 wird anhand der Fig. 3 erläutert, in welcher die jeder Radführung einer Fahrzeugachse zugeordneten Abstützlager 30 gezeigt sind. Jedem dieser Abstützlager 30 ist eine 3/2 Wege-Magnetventil 52 zugeordnet, das an der Hydraulikleitung 48 angeschlossen ist.

54 bezeichnet eine Hydraulikpumpe, die aus einem Ölbehälter 56 über eine Zuführleitung 58 Hydrauliköl vorzugsweise in einen gemeinsamen Membrandruck-

speicher 60 fördert. Von diesem gehen Versorgungsleitungen 62 und 64 zu jeweils einem der 3/2 Wege-Magnetventile 52 ab. Von dort führt eine gemeinsame Rückführungsleitung 66 zum Ölbehälter 56. Die Be- und Entlüftungsleitungen 50 sind zum Ölbehälter 56 geführt, um eine Rückführung von in die Zylinderräume 46 gelangender Leckflüssigkeit in die Hydraulik zu ermöglichen.

Jedes 3/2 Wege-Magnetventil 52 ist über eine elektronische Steuereinrichtung 68 bzw. 70 in Abhängigkeit von mehreren Steuergrößen ansteuerbar, wobei im vorliegenden Falle die Ventile 52 über Steuersignale ansteuerbar sind, die beispielsweise aus vier fahrdynamisch relevanten Steuergrößen gebildet werden.

Die Steuersignale werden in elektronischen Steuergeräten 72 und 74 erzeugt, die jeweils über eine Steuerleitung 76 bzw. 78 mit einem der 3/2 Wege-Magnetventile 52 verbunden sind.

Die in den Steuergeräten 72 und 74 zu Steuersignalen zu verarbeitenden Steuergrößen werden vorteilhaft durch im Fahrzeug installierte Sensoren 80, 82, 84 und 86 ermittelt, wobei Sensor 80 die Fahrgeschwindigkeit, Sensor 82 die Querbewegung, Sensor 84 die Bremsverzögerung und Sensor 86 die Lenkgeschwindigkeit feststellt. Dabei können in den Steuergeräten 72 und 74 einzelne Steuergrößen oder gleichzeitig mehrere anstehende Steuergrößen zu Steuersignalen verknüpft werden.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, werden die Abstützlager 30 voneinander unabhängig mit Hydraulikflüssigkeit versorgt und zwar je nach dem, ob die Längsnachgiebigkeit der Achsaufhängung auf einer oder auf beiden Seiten der betreffenden Fahrzeugachse vermindert werden soll. Dies hängt davon ab, ob entgegen der Fahrtrichtung gerichtete Komponenten von Stoßkräften an einem Rad oder an beiden Rädern der Fahrzeugachse wirksam sind und dabei eine entsprechende Erhöhung der Längsabstützkraft der Achsaufhängung bzw. der elastischen Steifigkeit ihrer Abstützlager 30 erforderlich machen.

Die Verminderung der Längselastizität wird durch Zufuhr von Hydraulikflüssigkeit in den Zylinderraum 44 der Abstützlager 30 erreicht, die so lange erfolgt, wie das betreffende 3/2 Wege-Magnetventil 52 durch die Steuereinrichtung 68 bzw. 70 in seiner in Fig. 3 gezeigten, den Druckspeicher 60 mit dem Zylinderraum 44 verbindenden Schaltstellung gehalten wird.

Die Erhöhung der elastischen Steifigkeit der Abstützlager 30 läßt sich vorteilhaft auch durch Anwendung von Druckluft bewerkstelligen. Hydraulikflüssigkeit oder Druckluft können dabei auch unmittelbar das Schubgummilager 38 beaufschlagen, wobei dann im Gehäuseteil 40' anstelle des Kolbens 42 und des Puffers 37 vorteilhaft eine Platte mit Drosselbohrungen vorzusehen ist. Des weiteren ist es möglich, die Vorspannung des Schubgummilagers 38 durch Eindringen eines Verdrängungskörpers zu erhöhen, was druckmediumbetätigt oder beispielsweise elektromechanisch erfolgen kann, wobei sich bei geeigneter Formgebung dieses Verdrängungskörpers auch die Kennlinie stufenlos ändern läßt.

Ferner ist es möglich, die elastische Steifigkeit beispielsweise auch dadurch zu erhöhen, daß der Puffer 37 mittels eines Stellmotors entsprechend zusammenge-drückt wird.

Ein Abstützlager 88, dessen Lagerkörper 89 aufnehmendes Schubgummilager 90 unmittelbar von Hydraulikflüssigkeit beaufschlagt ist, zeigt Fig. 4. Dabei handelt

es sich um eine selbsttätig ohne Zwischenstufen von weich auf hart und umgekehrt schaltende, von einem externen Druckerzeuger und einem Federspeicher unabhängige Konstruktion. Der sich hinter dem Schubgummilager 90 befindende Gehäuseraum ist durch eine Drosselöffnungen 92 aufweisende Platte 94 in zwei Teilräume 96 und 98 unterteilt, wobei der Teilraum 98 ein unter einem Vordruck stehendes Gaspolster 100 enthält, das mittels einer Membran 102 vom übrigen, Hydraulikflüssigkeit enthaltenden Bereich des Teilraumes 98 getrennt ist.

Den Drosselöffnungen 92 ist im Teilraum 96 ein scheibenförmiges Verschlußglied 104 zugeordnet, das mittels eines Führungsschaftes 106 im zentralen Bereich der Platte 94 axial verschiebbar geführt ist. Zwischen dem Verschlußglied 104 und der Platte 94 befindet sich vorzugsweise ein elastisches Polster 108, das auch den Führungsschaft 106 aufnimmt und auf welchem sich eine auf dem Führungsschaft 106 sitzende und sich im Teilraum 98 befindende Abstützscheibe 110 abstützt.

Der Druck des auf die Membran 102 wirkenden Gaspolsters 100 legt diese an den Führungsschaft 106 des eine Ventilplatte bildenden Verschlußgliedes 104 an und hält dieses in seiner gezeigten Offenstellung, so daß zwecks einer gewünschten weichen Längsabstützung einer Achsaufhängung über die Drosselöffnungen 92 Hydraulikflüssigkeit vom einen in den anderen Teilraum 96 bzw. 98 verdrängt werden kann.

Der Gasdruck ist dabei so gewählt, daß ab einer bestimmten, den Fahrkomfort beeinträchtigenden Größe von entgegen der Fahrtrichtung auf die Achsaufhängung wirkenden Längskräften das Verschlußglied 104 unter dem Druck von sich im Teilraum 96 befindender Hydraulikflüssigkeit in Richtung Zwischenplatte 94 verstellt wird, wodurch der Flüssigkeitsfluß gedrosselt bzw. die Abstützkräfte erhöht und gegebenenfalls die Drosselöffnungen schlagartig geschlossen werden, so daß die Längsabstützung plötzlich von weich auf hart geändert wird.

Fig. 5 zeigt ein auf der vorbeschriebenen Konstruktion aufbauendes Abstützlager 103. Der Unterschied zur Ausführungsform gemäß Fig. 4 besteht darin, daß das Verschlußglied 104 zur Beeinflussung der Längselastizität relativ zur Zwischenplatte 94 elektromagnetisch verstellbar ist.

Zu diesem Zweck ist das Verschlußglied 104 an einem Führungsschaft 112 gehalten, der sowohl die Zwischenplatte 94 und die Membran 102 als auch den oberen bzw. hinteren Gehäuseteil 114 durchdringt und in eine Aufnahmegehäuse 116 hineinragt, das auf das hintere Gehäuseteil 114 aufgesetzt ist.

Der als Führungsschaft 112 ausgebildete, aus magnetisierbarem Material bestehende bewegliche Kern ragt innerhalb des Gehäuseteils 114 in eine Magnetspule 118 hinein und bildet mit dieser zusammen einen Tauchmagnet. Der Führungsschaft 112 wird bei Einschalten des Spulenstromes gegen die Wirkung einer Rückstellfeder 120 ins Innere der Magnetspule 118 gezogen, wodurch das Verschlußglied 104 in der Ausgangsstellung gehalten wird, in welcher die Drosselöffnung 92 für die weiche Grundeinstellung der Längselastizität freigehalten sind.

Über einen zentralen Kanal 122 und eine verschließbare Einfüllöffnung 124 des Gehäuseteils 114 ist in die Teilräume 96 und 98 Hydraulikflüssigkeit einfüllbar.

Auch dieses Abstützlager ist, analog zur Konstruktion gemäß Fig. 4, unabhängig von einer Pumpe und einem Federspeicher funktionsfähig. Zur Steuerung des

Verschlußgliedes 104 zur Verminderung der Längselastizität und damit zur Verstärkung der Abstützkräfte ist die Magnetspule 118 z. B. über eine in Fig. 3 gezeigte elektronische Steuereinrichtung ansteuerbar.

Das in Fig. 6 gezeigte Abstützlager 150 weist ein Gehäuse 152 auf, das Gehäuseräume 154 und 156 enthält, die über einen Engpaß bildenden Verbindungskanal 158 miteinander verbunden sind.

Die dem Verbindungskanal 158 auf der einen Seite gegenüberliegende Wandung des Gehäuseraumes 154 ist durch ein den Lagerkörper 160 eines Längslenkers 162 aufnehmendes und im Gehäuse 156 gehaltenes Schubgummilager 164 gebildet.

Im Gehäuseraum 156 ist ein unter einem Vordruck stehendes, die Grunddämpfung erzeugendes Gaspolster 166 enthalten, das durch eine Membran 168 vom übrigen Teil dieses Gehäuseraumes 156 getrennt ist.

Die Gehäuseräume 154 und 156 sind mit einer dilatanten Flüssigkeit 170 gefüllt. Das Gaspolster 166 stellt dabei auch sicher, daß die Gehäuseräume 154, 165 bei schräger oder horizontaler Einbaulage des Längslenkers 162 bzw. des Abstützlagers 150 zur Aufrechterhaltung der Dämpfkraft ständig mit Flüssigkeit angefüllt sind.

Bei diesem Abstützlager 150 erhöhen sich die Dämpfkraft für Lenkerabstützung über die durch das Gaspolster 166 bestimmte Grunddämpfung, indem aufgrund entsprechend beschleunigter Lenkerlängsbewegung die Zähigkeit der dilatanten Flüssigkeit 170 mit steigender Schergeschwindigkeit über das die Grunddämpfung bestimmende Maß hinaus zunimmt. Es ist einleuchtend, daß die Konstruktion des mit dilatanten Flüssigkeit arbeitenden Abstützlagers 150 auch anders beschaffen sein kann. Wesentlich ist nur, daß zur Erhöhung der Strömungs- bzw. Schergeschwindigkeit die Flüssigkeit eine entsprechende Engstelle zu passieren hat.

Fig. 7 zeigt eine Achsaufhängung, die sich von derjenigen der Fig. 1 darin unterscheidet, daß anstelle des Längslenkers 18 ein mittels eines üblichen Abstützlagers 180 karosserieeitig elastisch abgestützter Stoßdämpfer 182 vorgesehen ist, dessen Dämpfkraft beispielsweise durch ein an diesen angebautes Verstellelement 184 vorzugsweise stufenlos verstellbar ist.

Das Verstellelement 184 kann beispielsweise mittels einer durch Sensoren ansteuerbaren elektronischen Steuereinrichtung 68, wie sie zur Ansteuerung der 3/2 Wege-Magnetventile 52 gemäß Fig. 3 vorgesehen ist, ansteuerbar sein.

Der Stoßdämpfer 182 kann in konstruktiver Hinsicht beliebig ausgeführt sein. Es muß lediglich eine regelbare Dämpfung möglich sein, wobei dann innerhalb der Grenzen der zur realisierenden Dämpfereinstellungen beliebige Kennlinien darstellbar sind. Bei quasi-statischen Belastungsfällen, wie z. B. Bremsen bei Paßabfahrten, werden die auftretenden Stoßkräfte, nachdem der verfügbare Dämpferweg aufgebraucht ist, dann ungedämpft weitergeleitet.

Das Umschalten der Längsabstützung der Achsaufhängung von einer weichen auf eine harte Einstellung kann z. B. vorteilhaft erfolgen bei

- a) stärkerem Bremsen mit einer Längsverzögerung von ungefähr  $a > 5 \text{ m/s}^2$
- b) stärkerem Spurwechsel mit einer Querbeschleunigung im Bereich  $a > 3,5 \text{ m/s}^2$
- c) Schnellem Lenkeinschlag mit einem Lenkwinkel ungefähr  $\psi > 400^\circ/\text{s}$ ,
- d) Fahrgeschwindigkeit über 130 km/h,
- e) Auftreten von Längsachsschwingungen, die an der

Vorderachse bei einer Fahrgeschwindigkeit  $v$  von ungefähr 100 km/h Lenkungsschimmy und an der Hinterachse bei einer Fahrgeschwindigkeit  $v$  von ungefähr 120 km/h Achszittern hervorrufen,

f) stark unebenen Fahrbahnoberflächen, sofern die vertikale Einfedergeschwindigkeit ungefähr  $s > 0,3$  m/s und der Längseinfederweg ungefähr  $s > 5$  mm ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

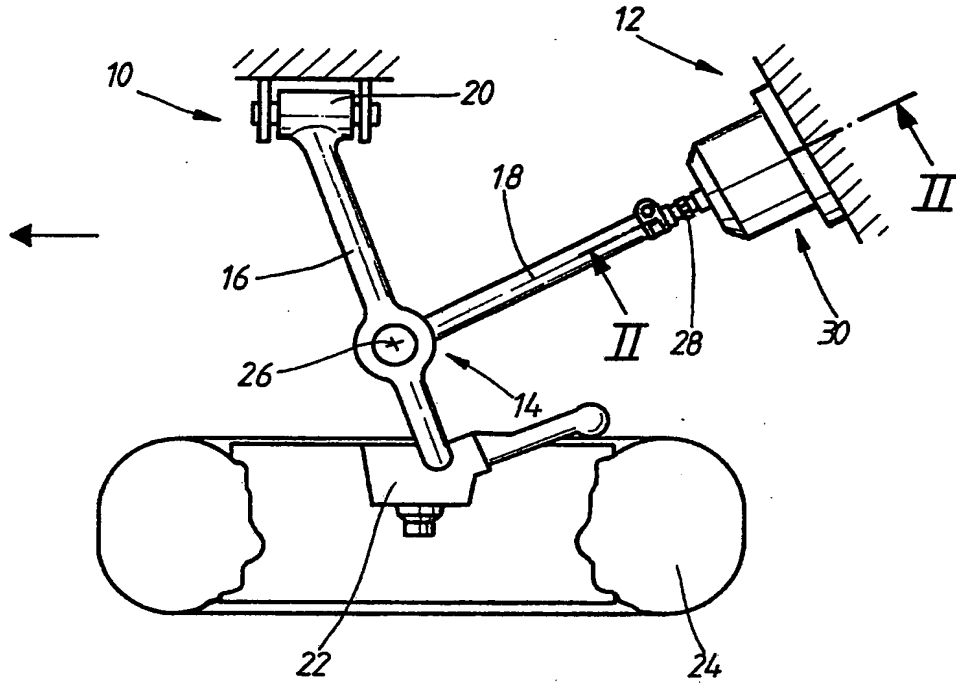
55

60

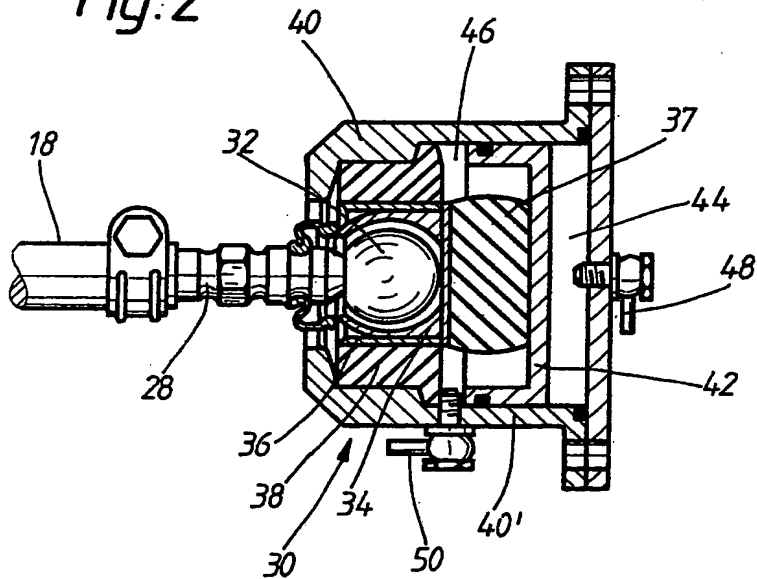
65

**CONCLUSIONS**

*Fig. 1*



*Fig. 2*



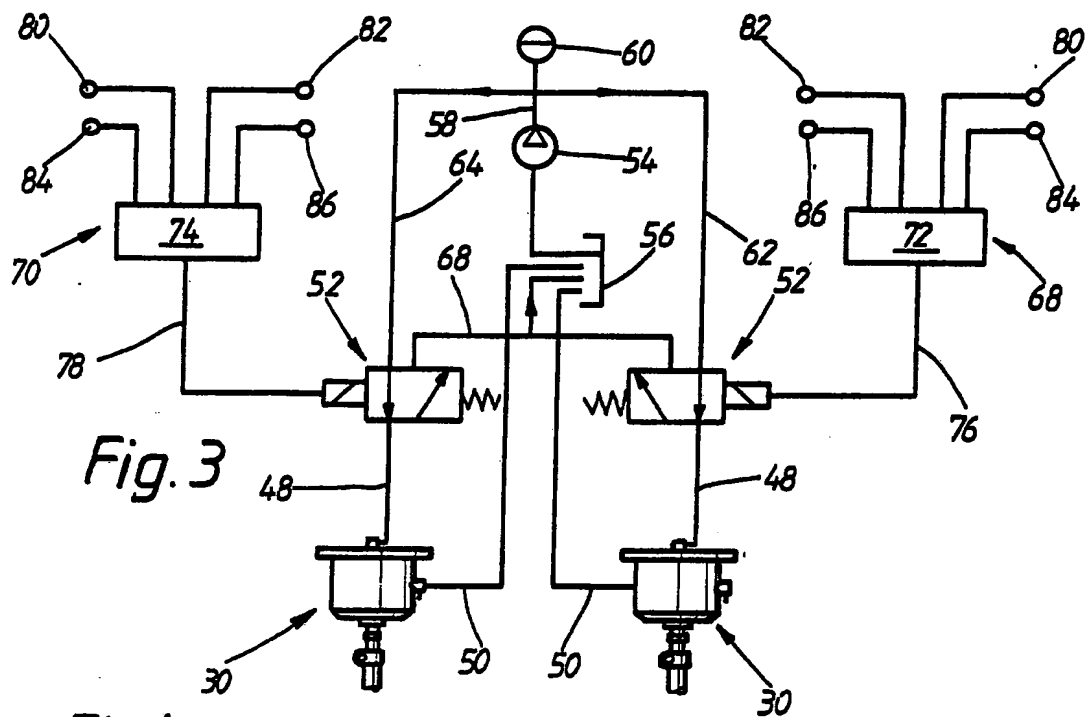


Fig. 4

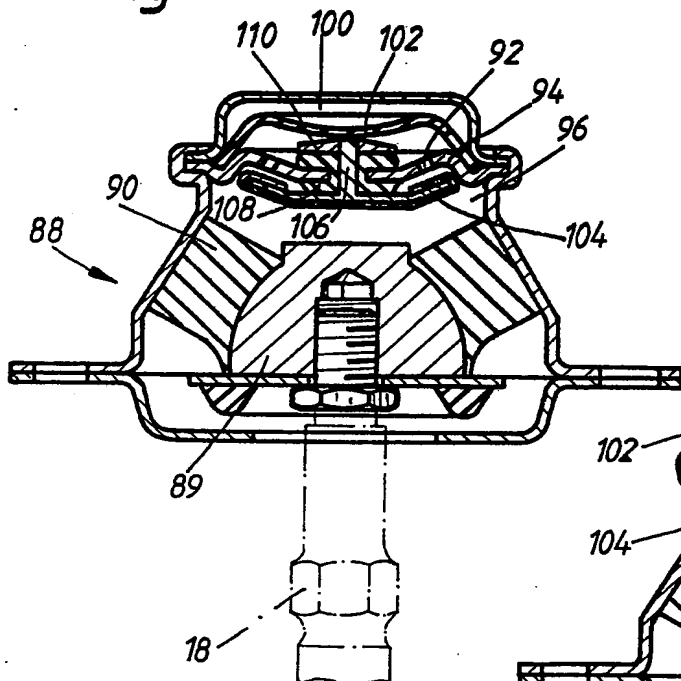


Fig. 5

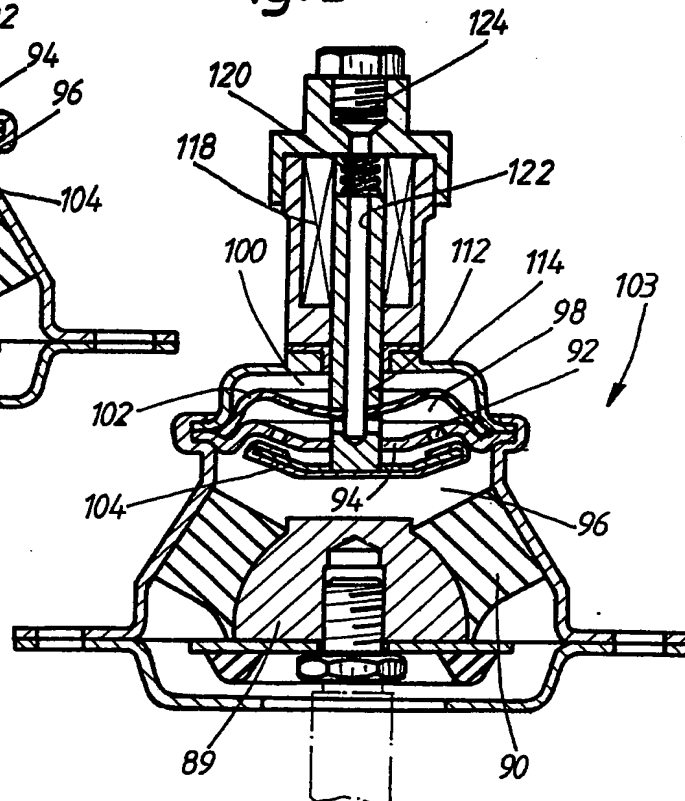


Fig. 6

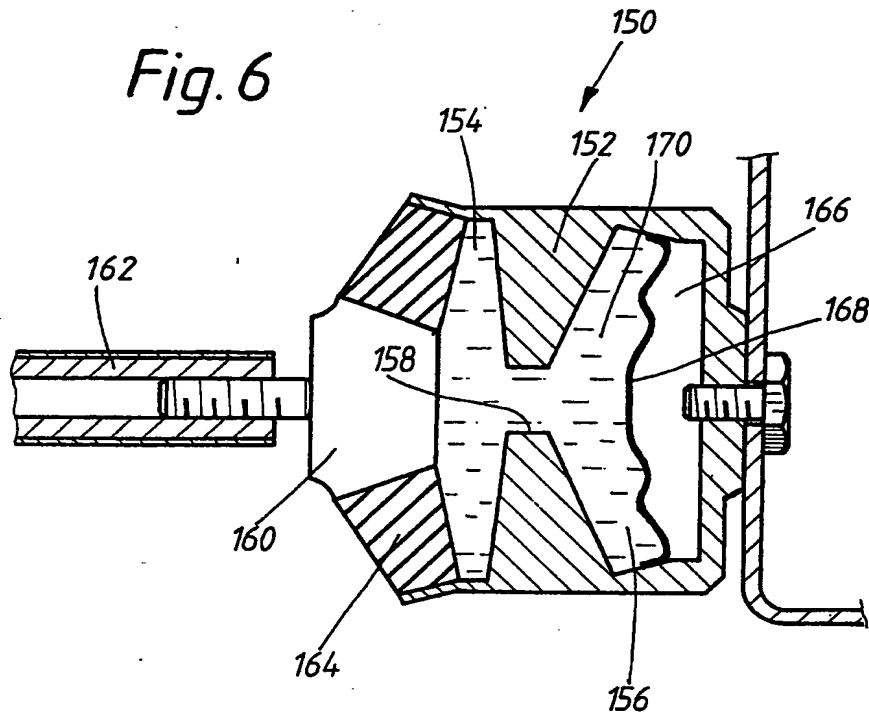
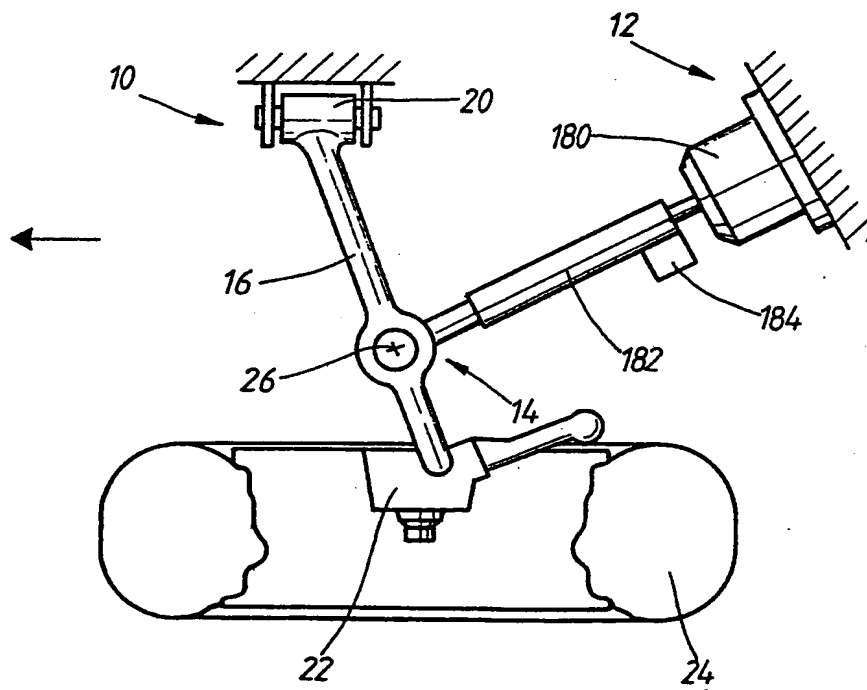


Fig. 7



ORIGINAL INSPECTED